Ueber die Verunreinigung der Luft durch Schwefelsäure in Akkumulatorenräumen und deren Umgebung.

Inaugural-Dissertation

verfasst und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

K. Bayer. Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Remigius Dorsch

aus Grafenrheinfeld.

München.

Verlagsanstalt vorm. G. J. Manz, Buch- u. Kunstdruckerei, Akt.-Ges.

1913.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549801_0138

Ueber die Verunreinigung der Luft durch Schwefelsäure in Akkumulatorenräumen und deren Umgebung.

Inaugural-Dissertation

verfasst und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

K. Bayer. Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Remigius Dorsch

aus Grafenrheinfeld.

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

München.

Verlagsanstalt vorm. G. J. Manz, Buch- u. Kunstdruckerei, Akt.-Ges.

1913.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Universität Würzburg.

Referent: Herr **Prof. Dr. K. B. Lehmann.**

Dem Andenken meines lieben Vaters
in Dankbarkeit gewidmet.

Literatur.

Wenn wir einen Raum betreten, in welchem Akkumulatoren geladen werden, so werden wir alsbald von einem heftigen Reiz zum Husten und Niesen belästigt. Als Erklärungsursache dafür hat man von jeher die beim Ladungsprozess in die Luft entweichende Schwefelsäure angesehen. Zum Verständnis des letzteren Vorganges sei kurz auf die chemischen Umsetzungen beim Laden und Entladen der Akkumulatoren hingewiesen. Ich folge dabei im wesentlichen der Darstellung, wie sie Dr. med. Fritz Kirstein gibt in seiner Arbeit: „Die Beschaffenheit der Luft in den Lade- und Formierräumen von Akkumulatorenbatterien und ihre hygienische Beurteilung", erschienen in der Vierteljahrschrift für öffentliche Gesundheitspflege, 34. Bd. 1902.

Die gebrauchsfertigen Akkumulatoren bestehen aus Bleiplatten, die in Schwefelsäure gestellt sind und von denen die eine mit einer Schicht von Bleisuperoxyd überzogen ist. Bei der Entladung wird durch die oberflächliche Schicht der reinen Bleiplatte Wasserstoff frei gemacht.

$$Pb + H_2SO_4 = PbSO_4 + 2(H).$$

Der Wasserstoff geht zur Platte mit dem Bleisuperoxyd und wird zu Wasser oxydiert.

$$PbO_2 + 2(H) = PbO + H_2O.$$

Das dabei sich bildende PbO wird in schwefelsaures Blei verwandelt. $PbO + H_2SO_4 = PbSO_4 + H_2O$.

Bei der Ladung wird die verdünnte Schwefelsäure elektrolytisch zersetzt: $H_2SO_4 = 2(H) + (SO_4)$.

SO_4 oxydiert an der positiven Platte, wo der Ladestrom eintritt, $PbSO_4$ zu PbO_2:

$$PbSO_4 + SO_4 + 2H_2O = PbO_2 + 2H_2SO_4.$$

An der negativen Platte, wo der Ladestrom austritt, wird $PbSO_4$ durch den Wasserstoff zu schwammigem Blei oxydiert: $PbSO_4 + 2(H) = Pb + H_2SO_4$.

Die Akkumulatoren gelten als geladen, wenn die Plattenoberflächen mit PbO_2 beziehungsweise Pb überzogen sind. Wird dann der Strom noch weiter durchgeschickt, so vollziehen sich folgende Reaktionen:

An der Anode: $SO_4 + H_2O = H_2SO_4 + O$.

An der Kathode: $2(H) = H_2$.

Der Sauerstoff und der Wasserstoff steigen an die Oberfläche der Flüssigkeit, letzterer wegen seines niedrigen spezifischen Gewichts sehr stürmisch.

An der Oberfläche der Schwefelsäure bildet der Wasserstoff nach der Ansicht von Prof. Dr. K. B. Lehmann kleinste Bläschen mit einer Hülle von Schwefelsäure, welche in die Höhe steigen und zerplatzen; die Schwefelsäure fällt alsdann in Form von Tröpfchen wieder zu Boden.

Dr. Kirstein spricht in der oben angeführten Arbeit von „einer in Bläschenform in die Luft übergehenden Schwefelsäure, die „oft als ein mehr oder weniger dichter Nebel die Luft erfüllt". Anderseits spricht er von Schwefelsäuretröpfchen, „welche bei intensiver Gasentwicklung den Raum in Form eines ziemlich dichten Nebels erfüllen". Jedoch unterscheidet er nicht scharf zwischen Schwefelsäurebläschen und Schwefelsäuretröpfchen.

Dr. med. Oskar Wagener spricht in seiner Arbeit: „Ueber die Gesundheitsschädigungen in Akkumulatorenfabriken und gesundheitspolizeiliche Massregeln dagegen" (erschienen in der Vierteljahrschrift für öffentliche Ge-

sundheitspflege, Bd. 34, 1902) von „zerstäubter Schwefelsäure, welche mechanisch mit den Wasserstoffblasen in die Höhe gerissen wird, hier zerstäubt und wieder zu Boden fällt".

Ueber denselben Vorgang schreibt Dr. Wutzdorff in seiner Arbeit: „Die in elektrischen Akkumulatorenfabriken beobachteten Gesundheitsschädigungen und die zur Verhütung derselben erforderlichen Massnahmen" (erschienen in den Arbeiten aus dem kaiserlichen Gesundheitsamt, Bd. 15, 1899), dass von den Gasblasen, durch die das Ende der Formierung der Platten ersichtlich wird, Teilchen der verdünnten Schwefelsäure in die Luft mitgerissen werden.

Mit unserer Vorstellung über diesen Vorgang stimmt eine Beobachtung aufs beste überein, die man in solchen Räumen zur Ladezeit stets machen kann. Richtet man nämlich die Augen in die Höhe, so macht sich an denselben sofort Stechen und Brennen bemerkbar. Hierauf macht auch Dr. Wagener in der oben zitierten Arbeit aufmerksam. Richtet man dagegen die Augen geradeaus, so verspürt man an denselben nicht die geringste unangenehme Empfindung. Die Schwefelsäurebläschen prallen nach Ansicht von Prof. Dr. K. B. Lehmann an den Augen ab und können erst, wenn sie in Form von Tröpfchen an oder auf die Augen fallen, diese belästigen. Diese Tröpfchen sind es auch, welche, wenn sie beim Atmen durch den Luftstrom mit den Schleimhäuten in Berührung kommen, zum Husten und Niesen reizen.

Eine Stütze für diese Vorstellung über die Art und Weise der Schwefelsäureverbreitung in Akkumulatorenräumen bildet auch die Tatsache, dass sich in solchen Räumen zur Zeit der Ladung die Schwefelsäure nur auf

der nach oben gekehrten Fläche der aufgelegten Glasplatten absetzt, während die nach unten gekehrte Fläche nicht die geringste Benetzung mit Schwefelsäure erkennen lässt. Ich komme darauf weiter unten noch einmal zurück.

Es ist nun von Interesse, zu wissen, in welchen Mengen die Schwefelsäure in der Luft von Akkumulatorenräumen und deren Umgebung oder von Formierräumen vorkommt. Unter Formierraum versteht man diejenige Abteilung einer Akkumulatorenfabrik, in der die Akkumulatoren, zu denen Bleiplatten, die mit einer oxydierten Bleiverbindung, gewöhnlich Menninge, bestrichen sind, genommen werden, durch abwechselndes Laden und Entladen gebrauchsfähig gemacht werden.

Die ersten diesbezüglichen Versuche stellten nach einem Bericht Sprengers in der Zeitschrift der Zentralstelle für Arbeiter-Wohlfahrtseinrichtungen (II. Jahrgang 1895, Nr. 8) Dr. Fernandez-Krug und Dr. Hampe an auf Veranlassung Dr. Sprengers. Sie fanden in der in Kopfhöhe entnommenen Luft von den Formier-Laderäumen einer Akkumulatorenfabrik 80 mg SO_3. Jedoch ist über die Versuchsanordnung nichts weiteres mitgeteilt.

In ausführlicherer Weise berichtet Dr. med. Fritz Kirstein in der oben zitierten Arbeit, welcher ich auch die angeführte Mitteilung Sprengers entnommen habe, über quantitative Schwefelsäurebestimmungen in Akkumulatorenräumen. Kirstein machte zunächst Versuche im Akkumulatorenraum des physikalisch-chemischen Instituts zu Giessen, wo 9 Akkumulatorenzellen aufgestellt sind, und der einen Rauminhalt von 42 cbm besitzt. Er liess zu seinen Versuchen die Akkumulatoren überladen, das heisst er liess, nachdem die Ladung vollendet war, den elektrischen Strom weiter durch die Akkumulatoren gehen.

Nachdem eine Stunde überladen worden war, saugte er, während der elektrische Strom weiter durchgeleitet wurde, einen halben Meter über den Akkumulatoren in 30 Minuten 60 Liter Luft mit Hilfe eines aus einem Säureballon hergestellten Aspirators durch 2 hintereinander geschaltete Waschflaschen mit destilliertem Wasser. Während derselben Zeit saugte er ausserdem 500 Liter Luft mittels einer Wasserstrahlpumpe ebenfalls durch 2 Waschflaschen. Eine dazwischen geschaltete Gasuhr liess die angesaugte Luftmenge erkennen. Das Waschwasser untersuchte er dann titrimetrisch auf Säure. Es wurde dazu $^1/_{100}$ Normal-Natronlauge verwendet, als Indikator diente Phenolphthalein. Das eine Mal fand er 68,5 mg SO_3, das andere Mal 68,0 mg SO_3. Aus dem Ergebnis schliesst er, dass die Geschwindigkeit des Durchsaugens ohne Belang ist für die Vollständigkeit der Absorption der Schwefelsäure in der Waschflüssigkeit.

Einen weiteren Versuch machte Kirstein im Akkumulatorenraum der elektrischen Anlage für die inneren Kliniken zu Giessen. Daselbst befinden sich 60 Akkumulatorenzellen, von denen die eine Hälfte 2 m über der anderen aufgestellt ist bei einem Inhalt des Raumes von 152 cbm. Diesmal wurden die Luftproben gegen das Ende der Ladezeit bei sehr lebhafter Gasentwicklung entnommen. Es wurden 60 Liter Luft innerhalb 15 Minuten in Kopfhöhe durch eine Waschflasche mit destilliertem Wasser abgeleitet. In der Luft wurden nach der oben beschriebenen Filtriermethode 61,2 mg SO_3 pro Kubikmeter gefunden.

Ferner stellte Kirstein in dem Formierraume der Elektrizitäts-Aktiengesellschaft zu Gelnhausen Versuche an und zwar das eine Mal bei Ventilierung des Raumes, das andere Mal bei geschlossenen Ventilationseinrichtungen.

In Formation waren 94 Zellen begriffen bei einem Inhalt des Raumes von 230 cbm. Die Ventilation wurde bewirkt durch 2 in den Stirnwänden nächst der Decke befindliche Ventilationsklappen von 70 cm Breite und 70 cm Höhe, durch 2 in der Mitte des Daches in einem Abstand von etwa 4 m angebrachte Ventilationsschächte (Jalousieschächte), welche eine Weite von 1,4 m auf 0,7 m besitzen und 3 m hoch sind und durch 2 an den Stirnwänden befindliche Türen, die zur Ventilierung offen gelassen wurden. Die erste Schwefelsäurebestimmung wurde gemacht, nachdem der Formierungsprozess bereits 6 Stunden gedauert hatte. In den 55 Liter Luft, welche in der Mitte des Raumes in Kopfhöhe durch eine Waschflasche innerhalb 30 Minuten abgesaugt wurden, wurde nach der erwähnten Methode ein Gehalt von 79,0 mg SO_3

Tabelle zu den Versuchen von Dr. med. Kirstein, Dr. Hampe und Dr. Fernandez-Krug.

	Zahl der Akkumulatoren	Kubikinhalt des Raumes	mg SO_3 pro cbm
Kirstein, Versuche in einem Akkumulatorenraum bei Ueberladung der Zellen	9	42	68,0 mg
Kirstein, Versuch in einem Akkumulatorenraum bei sehr lebhafter Gasentwicklung . . .	60	152	61,2 mg
Kirstein, Versuch in einem Formierraume	94	230	79,0–107,7 mg
Fernandez-Krug und Hampe, Versuche in Lade- und Formierräumen	—	—	80,0 mg

pro Kubikmeter gefunden. Nach der ersten Schwefelsäurebestimmung wurden die Ventilationsöffnungen geschlossen und nach einer halben Stunde derselbe Versuch wiederholt. Jetzt wurden pro Kubikmeter 107,7 mg SO_3 gefunden.

Bezüglich der Versuchsanordnung Dr. Kirsteins verweise ich auf die Arbeit von Prof. Dr. K. B. Lehmann, Dr. J. Saito und Dr. H. Majima: Ueber die quantitative Absorption von Flüssigkeitströpfchen als Grundlage von der Lehre der Tröpfchenintoxikation (erschienen im Archiv für Hygiene, Bd. LXXV). Dort ist nachgewiesen, dass ein mit Flüssigkeitströpfchen beladener Luftraum eine Waschfläche und wohl auch mehrere hintereinander passieren kann, ohne die Tröpfchen vollständig an die Flüssigkeit abzugeben. Die von Kirstein gefundenen Werte dürften daher eher etwas zu niedrig sein.

Des weiteren legte Kirstein bei den Versuchen im Akkumulatorenraum des physikalisch-chemischen Instituts während der Ueberladung der Zellen einen halben Meter über denselben Objektträger auf, um die darauffolgenden Schwefelsäuretröpfchen zu zählen. Nach einer Minute befanden sich auf dem Gesichtsfeld des Mikroskops, welches 2 mm im Durchmesser hatte, 70 Tröpfchen von verschiedener Grösse. Auf einem anderen Objektträger war nach sechs Minuten bei mikroskopischer Betrachtung eine fast kontinuierliche Schicht von Tröpfen zu erkennen.

Denselben Versuch wiederholte er dann im Formierraum der genannten Fabrik. Nach einer Minute waren auf dem einen Objektträger im Gesichtsfeld 120 Tröpfchen zu erkennen, auf dem anderen Objektträger konnten nach zwei Minuten bei mikroskopischer Betrachtung die einzelnen Tröpfchen nicht mehr unterschieden werden.

Soviel berichtet Kirstein über seine Schwefelsäureversuche. Betreffs seiner anderen Versuche in denselben Räumen über den Gehalt der Luft an Ozon, über die Sauerstoffvermehrung der Luft, Wasserstoffgehalt der Luft, will ich nur anführen, dass sie teils negative, teils ganz geringe Werte ergaben. Nur den Wasserstoffgehalt der Luft fand er ziemlich hoch zu 1,425 Volumprozent, und zwar stellte er den betreffenden Versuch im Akkumulatorenraum des physikalisch-chemischen Instituts einen halben Meter über der Oberfläche der Zellen an.

Veranlassung zu den eigenen Studien.

Ich selbst machte nun Versuche über den Schwefelsäuregehalt der Luft in einem Akkumulatorenraum und dessen Umgebung. Gelegenheit hierzu gab mir das Ersuchen der K. Oberpostdirektion zu Würzburg an Herrn Prof. K. B Lehmann um Begutachtung der Luftbeschaffenheit im Umschalteraum der hiesigen Telephonzentrale. Es sollten daselbst öfters gasförmige Produkte aus dem Laderaume konstatiert worden sein, ja mehrere Personen vermuten, dass Nasenleiden, Polypen in dieser Luftbeschaffenheit ihre Erklärung finden.

Herr Prof. Dr. K. B. Lehmann hatte bereits im Verein mit dem I. Assistenten des hygienischen Instituts zu Würzburg, Herrn Dr. Lang, einige Versuche ausgeführt, als ich ihn um ein Thema zu einer Dissertation bat. Ich habe die Versuche fortgesetzt unter Berücksichtigung aller Fehlerquellen und methodischen Verbesserungen, auf die meine Vorgänger gekommen waren.

Unsere Untersuchungen auf Schwefelsäure, denn nur um diese konnte es sich bei dem offensichtlichen Zu-

sammenhang zwischen der Verunreinigung der Luft im Laderaume und der im Umschalteraume handeln, erstreckten sich naturgemäss auf den Laderaum (Akkumulatorenraum) und den Umschalteraum (Telephonistinnenraum) der hiesigen Telephonzentrale. Im ersteren hält sich nur ab und zu ein revidierender Arbeiter auf.

Es sei eine kurze Beschreibung der betreffenden Örtlichkeit vorausgeschickt. Das Hauptpostgebäude zu Würzburg liegt in der Mitte der Stadt und stellt einen Flügelbau dar mit einem nach Westen gerichteten Frontgebäude, einem nördlichen und einem südlichen Flügel, welche einen Hof einschliessen. Der südliche Flügel bildet die Telephonzentrale. Das Erdgeschoss bleibt für uns ausser Betracht. Im ersten Stock befindet sich neben einigen anderen Räumen der Laderaum; den ganzen zweiten Stock — wenigstens der Länge nach — nimmt der Umschalteraum für die Telephonistinnen ein. Die beiden Fenster des Akkumulatorenraumes schauen gegen den Hof zu, also nach Norden, seine Länge beträgt 5,2 m, seine Breite 2,8 m, seine Höhe 3,5 m, sein Rauminhalt also 51 cbm. Es sind darinnen 24 Akkumulatorenzellen aufgestellt, von denen alle sechs Tage je die Hälfte geladen wird. Die Höhe der einzelnen Zelle beträgt 80 cm. Der Umschalteraum ist 20 m lang, 4 m breit und 3 m hoch. Die Fenster desselben schauen hauptsächlich nämlich 9 gegen den Hof zu, während an der Ostseite nur 2 sind. Der Telephonstand ist 2 m von den Fenstern der Längsseite entfernt und ungefähr 12 m lang. Die Telephonistinnen sitzen davor, den Rücken gegen die Fenster gekehrt. Während der Versuchszeit war im Umschalteraume wie im Laderaume regelmässig stets das gleiche Fenster gegen den Hof zu offen; die beiden Fenster liegen direkt über-

einander. Die Ladung der Akkumulatoren begann gewöhnlich um 9 Uhr. Es kam schon verhältnismässig bald zur Blasenbildung, die mit zunehmender Ladung immer stärker wurde, was Dr. Kirstein in der zitierten Arbeit auf mangelhafte Konstruktion der Akkumulatoren oder darauf zurückführt, dass die Akkumulatoren schon lange in Gebrauch sind.

Methode der Schwefelsäurebestimmung.

Zur quantitativen Bestimmung des Schwefelsäuregehalts verfuhren wir folgendermassen: Zum Ansaugen der Luft diente eine Hahnsche Drehsaugpumpe. Die angesaugte Luft musste dabei folgenden Weg zurücklegen: Durch die trichterförmige Oeffnung einer Waschflasche gelangte sie in innige Berührung mit destilliertem Wasser, das die Waschflasche etwa zur Hälfte füllte. Es waren dazu etwa 100 ccm nötig; und zwar wurde dazu, wie überhaupt zu allen Untersuchungen, nur destilliertes Wasser genommen, das wir selbst aus Glas in Glas destilliert hatten. Beim Passieren der Flüssigkeit hatte die Luft Gelegenheit, die in ihr enthaltene Schwefelsäure wenigstens zum Teil abzugeben. Von hier aus gelangte die Luft durch eine Glasröhre, die mit angefeuchteter Watte gestopft war und daher als Filter diente und von da noch einmal durch eine Waschflasche mit destilliertem Wasser. Schliesslich passierte die Luft eine Gasuhr, die die Menge der angesaugten Luft abzulesen gestattete. Die einzelnen Teile des Apparates waren durch Glasröhren oder durch Gummischläuche verbunden. Einige Vorversuche im Laboratorium des hygienischen Instituts hatten gezeigt, dass es auf diese Weise gelang, sämtliche Schwefelsäure

zurückzuhalten. Es wurde in diesen Vorversuchen durch Zink und Schwefelsäure eine starke Entwicklung von Wasserstoff hervorgerufen und die abziehenden Dämpfe durch den oben beschriebenen Apparat gesaugt. Die quantitative Prüfung auf H_2SO_4 ergab einmal, dass im Liter der abgesaugten Luft 0,23—0,25 mg SO_3 enthalten waren, ferner, dass die Schwefelsäure durch die erste Portion Wasser und das Watterohr ziemlich vollständig zurückgehalten worden war, während in der zweiten Portion Wasser nur noch zweifelhafte Spuren vorhanden waren.

Die im Watterohr zurückgehaltene Schwefelsäure wurde dadurch zur Untersuchung gewonnen, dass ungefähr 200 ccm heisses destilliertes Wasser vermittelst der Wasserstrahlpumpe durchgesaugt wurden.

Um von der Verteilung der Schwefelsäure in der Luft eine Vorstellung zu bekommen, wurden ferner in den betreffenden Räumen wie an der Aussenwand des Gebäudes gegen den Hof zu Glasplatten aufgelegt, einige auf Holzrahmen, die an beliebigen Stellen aufgehängt werden konnten. Die Platten waren 25 cm lang und breit. Nach Schluss des Versuches wurden sie mit destilliertem Wasser mittels der Spritzflasche abgespritzt, dann noch mit reiner Fingerspitze abgerieben und schliesslich noch mehrere Male wie auch der gebrauchte Finger mit destilliertem Wasser abgespült. Und zwar musste dabei nur die Fläche berücksichtigt werden, die beim Liegen nach oben gekehrt war. Auf der nach unten gekehrten Fläche war nämlich weder etwas von einem Schwefelsäurebeschlag zu sehen noch chemisch nachzuweisen, während die nach oben gekehrte Fläche von einem deutlichen Beschlag überzogen war.

Geladen wurden die Akkumulatoren bis zur kräftigen Gasentwicklung. Von einer Ueberladung konnte eigentlich niemals gesprochen werden.

Zum chemischen quantitativen Nachweis benützten wir das bekannte Verfahren, die vorhandene Schwefelsäure durch Chlorbaryum als Baryumsulfat auszufüllen. Die zu untersuchende Flüssigkeit wurde nach vorherigem Filtrieren und Versetzen mit etwas Salzsäure zum Kochen erhitzt, allmählich mit 2 % heisser Chlorbaryumlösung versetzt und mindestens eine Stunde gekocht. Bei manchen Analysen war überhaupt keine deutliche Trübung wahrzunehmen. Alsdann liessen wir das Baryumsulfat, das sich etwa gebildet hatte, 12 Stunden lang absitzen. Es musste darauf ein besonderes Augenmerk gerichtet werden, weil bei den geringen Mengen, welche bei den Analysen aus dem Umschalterraum zu erwarten waren, ein Niederschlag — und war es auch nur der feinste — ein sichererer Beweis für die Anwesenheit von Schwefelsäure war als der gewichtsanalytische Nachweis, der oft nur Mengen ergab, die in die Grenzen der Fehlerquellen fallen. Nach dem Absitzenlassen wurde die überstehende Flussigkeit in ein Filter abgegossen. Hierauf wurde der Bodensatz, soweit ein stärkerer zu erkennen war, einige Male mit destilliertem Wasser versetzt und zum Kochen erhitzt, um die Chlorverbindungen auszuwaschen. Nach jedesmaligem kurzem Absitzenlassen wurde die Flüssigkeit in noch heissem Zustande durch das Filter abgegossen. Die Flüssigkeit wurde deshalb heiss filtriert, weil in diesem Zustand die Baryumsulfatkristalle sich zusammenballen und daher weniger leicht durch die Maschen des Filters gehen sollen. Das Auswaschen im Becherglase wurde so lange fortgesetzt, bis die Flüssigkeit keine Chlorreaktion mehr gab (Salpeter-

säure und Silbernitrat). Alsdann wurde das Filter mit heissem destillierten Wasser ausgespritzt, bis die Chlorreaktion abermals verschwunden war. Wo kein stärkerer Bodensatz zu erkennen war, konnten wir uns das Auswaschen durch Aufkochen sparen und sofort mit dem Ausspritzen beginnen. Nach mehrstündigem Trocknen der Filter im Trockenschrank bei 100° C. wurden dieselben auf der Platinspirale über dem Platintiegel verbrannt und die Reste im Platintiegel geglüht. Der Tiegel wurde zunächst quer gestellt, bis der Rückstand weisse Farbe angenommen hatte Dabei wurde der Tiegel mehrmals von der Flamme weggenommen, um dem Luftsauerstoff vollen Zutritt zu gestatten. Erst jetzt wurde der Tiegel bedeckt und noch eine Viertelstunde geglüht. Das etwas umständliche Verfahren beim Verbrennen des Filters ist notwendig, um eine Reduktion des Baryumsulfats durch die Kohle des Filters zu Baryumsulfit zu vermeiden. Der Tiegel wurde dann im Exsikator erkalten lassen. Das Gewicht des Tiegels mit Aschenrückstand, vermindert um das Gewicht des leeren Tiegels und der Filterasche, ergab das Gewicht des Baryumsulfats, aus dem dann durch Multiplizieren mit 0,3434 das Gewicht des SO_3 berechnet werden konnte. Erwähnt sei noch, dass der Platintiegel jedesmal auch unmittelbar vor der Analyse gewogen werden musste, da das Gewicht desselben bei öfteren Gebrauch nicht konstant bleibt.

Die Watte, welche zum Zurückhalten der Schwefelsäure der Luft verwendet wurde, musste vor dem Gebrauch mehrmals mit heissem Wasser ausgewaschen werden, da sich herausstellte, dass sie schwefelsäurehaltig war. Es enthielt allerdings die so gereinigte Watte immer noch Spuren von Schwefelsäure. Wir haben den auf

diese Weise entstehenden Fehler dadurch zu korrigieren gesucht, dass wir in Kontrollversuchen die nämliche Menge der selbst gereinigten Watte wie die für den eigentlichen Versuch verwendete in der gleichen Menge mit unserem destillierten Wasser auf die oben beschriebene Weise auszogen und den dann gefundenen Schwefelsäuregehalt von dem im eigentlichen Versuch für die Watte gefundenen abzogen.

Ebenso wurde in Kontrollversuchen zu den andern Analysen der ersten Versuche ein grösserer Rückstand, als der Filterasche entsprach, gefunden. Als Kontrollversuch bezeichne ich die Untersuchung einer Portion unseres destillierten Wassers auf Schwefelsäure. Der Rückstand ist wohl zum Teil darauf zurückzuführen, dass es uns in den ersten Versuchen nicht gelungen ist, die Chlorverbindungen vollständig auszuwaschen.

Eine weitere Schwierigkeit war dadurch gegeben, dass andere Quellen für Schwefelsäure ausgeschlossen werden mussten. So entsteht bekanntlich beim Verbrennen des Leuchtgases Schwefelsäure, die sich beim Verarbeiten der Analysen dieser mitteilen kann. Vielleicht ist auch der eben erwähnte Rückstand in den Kontrollversuchen teilweise darauf zurückzuführen. Wir haben daher sämtliche Analysen der drei letzten Versuche, soweit sie aus dem Umschalteraume stammten, über der Spiritusflamme erhitzt, obwohl die Analysen stets mit einer Uhrschale bedeckt waren, die ein Eindringen von Schwefelsäure erschwerte.

Ferner mussten wir daran denken, dass in der Stadtluft stets Spuren von Schwefelsäure schon an und für sich vorkommen sollen, zurückzuführen auf das Heizen mit Kohlen. Wir saugten deshalb im Kurssaal des

Hygienischen Instituts am offenen Fenster nach der oben angegebenen Methode innerhalb vier Stunden 1483 l Luft an, wobei der Trichter des Apparates nach aussen ins Freie gerichtet war. Es konnte in den Waschflüssigkeiten keine Schwefelsäure auch nicht in Spuren mit unserer Methode nachgewiesen werden.

Schliesslich sei darauf hingewiesen, dass unsere eigenen Schleimhäute keine der schlechtesten Reagentien auf der Luft beigemischte Schwefelsäure sind, so dass, wo sie im Stiche lassen, auch nicht zu erwarten ist, dass der chemische Nachweis nennenswerte Mengen ergeben werde.

I. Versuch.

Es wurden im Laderaum zwei Saugapparate aufgestellt, der eine am offenen Fenster in einer Höhe von 2,5 m (die Entfernungen beziehen sich wie auch in den folgenden Versuchen auf die trichterförmige Einsaugstelle des Apparates) zirka 40 cm von der äusseren Hauswand entfernt. Der andere Apparat befand sich in der Mitte des Laderaumes, 30 cm seitlich von den in Ladung begriffenen Akkumulatoren.

Im Umschalteraum wurde ein Saugapparat aufgestellt, 1,4 m über dem Boden, 1 m von der äusseren Mauerwand entfernt, am offenen Fenster direkt über dem offenen Fenster des Laderaumes.

Nach $1^1/_3$ Stunden wurden im Laderaum Wasser und Watterohre der beiden Apparate gewechselt. Alsdann wurde der Versuch noch $1^3/_4$ Stunden fortgesetzt, so dass der ganze Versuch von 10h--1^{15} dauerte. Im Umschalteraum wurden nach einer Stunde ebenfalls Wasser-

und Watterohr gewechselt, alsdann wurde der Versuch noch $1^1/_2$ Stunden fortgesetzt, im ganzen dauerte er von 10^{30}—1^{10}.

Im Laderaum wurden durch den Apparat am Fenster in der I. Periode 412 l Luft angesaugt mit einem SO_3-Gehalt von 0,7 mg, 1,7 mg pro cbm; in der II. Periode wurden 776 l Luft angesaugt mit einem Gehalt von 1,3 mg SO_3, 1,7 mg pro cbm. Im ganzen wurden also 1188 l Luft mit 2,0 mg SO_3 angesaugt oder 1,6 mg pro cbm.

Tabelle zu Versuch I.

Standort des Apparates	Versuchsdauer	Angesaugte Luft in Litern	SO_3-Gehalt korrigiert	SO_3-Gehalt pro cbm korrigiert
im Umschalteraum				
I. Periode	1 Stunde	214	0,13 mg	0,7 mg
II. Periode . . .	$1^1/_2$ Stunden	270	0,9 mg	3,3 mg
I. u. II. Periode . .	$2^1/_2$ Stunden	484	1,03 mg	2,1 mg
im Laderaum am Fenster				
I. Periode	$1^1/_3$ Stunden	412	0,7 mg	1,7 mg
II. Periode	$1^3/_4$ Stunden	776	1,3 mg	1,7 mg
I. u. II. Periode	3 Stunden	1188	2,0 mg	1,7 mg
in der Mitte des Laderaumes				
I. Periode	$1^3/_4$ Stunden	290	1,0 mg	3,4 mg
II. Periode	$1^1/_3$ Stunden	854	5,0 mg	5,9 mg
I. u. II. Periode	3 Stunden	1144	6,0 mg	5,2 mg

Durch den Apparat in der Mitte des Laderaumes wurden in der ersten Periode 290 l Luft angesaugt mit einem Gehalt von 1,0 mg SO_3, 3,4 mg pro cbm. In der

II. Periode betrug die angesaugte Menge Luft 854 l, der SO_3-Gehalt 5 mg, 5,9 mg pro cbm. Im ganzen wurden 1144 l Luft mit 6 mg SO_3 angesaugt oder 5,2 mg pro cbm.

Durch den Apparat im Umschalteraum wurden in der I. Periode 214 l Luft angesaugt mit 0,13 mg SO_3, 0,7 mg pro cbm; in der II. Periode 270 l Luft mit 0,9 mg SO_3, 3,3 mg pro cbm. Im ganzen wurden 484 l Luft mit 1,03 mg angesaugt oder 2,1 mg pro cbm.

Die Wasserportionen und die Auswaschflüssigkeit des Watterohres jedes einzelnen Saugapparates wurden zusammen analysiert. Da bei diesem Versuch gewöhnliche, noch gar nicht von Schwefelsäure befreite Watte verwendet wurde, musste von den einzelnen Analysen der durch einen Kontrollversuch bestimmte Wert von 3,0 mg abgezogen werden.

Der Versuch beansprucht noch keine besondere Genauigkeit. Dazu kommt noch, dass die im Umschalteraume angesaugten Luftmengen zu klein sind. Dadurch wird beim Berechnen auf das Kubikmeter ein Fehler zu sehr vervielfältigt. Es erklärt sich auf diese Weise leicht das sonderbare Ergebnis, dass im Umschalteraum am Fenster ein höherer Wert gefunden wurde, wie am Fenster im Laderaum. Jedoch beschwerten sich an diesem Tage die Telephonistinnen in der Zeit von 12h—1h über Hustenreiz und Kratzen im Hals; auch Herr Assistent Dr. Lang hatte in dieser Zeit im Umschalteraum das Gefühl von leichtem Kratzen im Hals.

II. Versuch.

In der Mitte des Laderaumes wurde ein Saugapparat aufgestellt. Es wurden während des Versuchs zweimal Wasser und Watterohr gewechselt, so dass 3 Perioden

unterschieden werden können. In der I. Periode (10 h—11 h) wurden 600 l Luft mit 3,45 mg SO_3 oder 5,7 mg pro cbm angesaugt, in der II. Periode (11 h—12 h) 786 l Luft mit 5,15 mg SO_3 oder 6,5 mg pro cbm, in der III. Periode (12^{15}—1^{15}) 754 l Luft mit 6,7 mg SO_3 oder 8,8 mg pro cbm. Im ganzen wurden 2140 l Luft mit 15,3 mg SO_3 angesaugt oder 7,1 mg pro cbm.

Im Umschalteraum wurde ein Saugapparat vor dem offenen Fenster direkt über dem offenen Fenster des Laderaumes in einer Höhe von 1,5 m aufgestellt. Wasser und Watterohr wurden nur einmal gewechselt. In der I. Periode (10 h—12 h) wurden 1310 l Luft mit 1,93 mg SO_3 oder 1,5 mg pro cbm angesaugt, in der II. Periode (12^{15}—1^{15}) 592 l Luft mit 1,96 mg SO_3 oder 3,3 mg pro cbm. Im ganzen wurden 1902 l Luft mit 3,89 mg SO_3 oder 2,0 mg pro cbm angesaugt.

Ausserdem wurden im Laderaum 12 Glasplatten gelegt und zwar Platte PA in der Mitte des Raumes 2,5 m hoch, Platte PB im Hintergrund des Raumes 2,5 m hoch, Platte PC in der Mitte des Raumes 2,5 m hoch, Platte PD nächst dem offenen Fenster 2,5 m hoch, Platte PE auf dem Fensterbrett 0,8 m hoch, Platte PF im Fenster auf einer Kiste 2 m hoch. PA, PB und PC wurden, nachdem sie 1 Stunde (10 h—11 h) exponiert waren, gewechselt; an denselben Stellen wurden PA_1, PB_1, PC_1 für 1 Stunde (11 h—12 h), für die weitere Stunde (12 h—1 h) PA_2, PB_2 und PC_2 ausgelegt.

Im Umschalteraum wurde auf dem Apparatetisch vor dem offenen Fenster 1,0 m hoch Platte PA, auf dem Telephonstand gegenüber dem offenen Fenster Platte PB, auf dem unteren Rand des offenen Fensters aussen Platte PC von 10 h—1^{15} ausgelegt.

Auf den Platten wurden gefunden an SO_3: im Laderaum auf PA 8,42 mg, auf PA_1 14,9 mg, auf PA_2 20,8 mg (Sa. 44,12 mg); auf PB 3,54 mg, auf PB_1 3,63 mg, auf PB_2 7,54 mg (Sa. 14,71 mg); auf PC 3,8 mg, auf PC_1 6,34 mg, auf PC_2 11,34 mg (Sa. 21,48 mg); auf PD 24,2 mg, auf PE 16,05 mg, auf PF 27,2 mg; im Umschalteraum auf PA 0,35 mg, auf PB 0,3 mg, auf PC 0,75 mg.

Die beiden Wasserportionen in den Waschflaschen des Saugapparates wurden zusammen analysiert. Die oben angegebenen Zahlen sind korrigierte Werte, indem bei den Analysen des Watterohrs 0,5 mg abgezogen wurden, bei den übrigen 0,3 mg.

Im Umschalteraum wurde niemand durch Hustenreiz oder Kratzen im Hals belästigt.

Tabelle zu Versuch II.

	Versuchsdauer	Liter Luft	mg SO_3			
			i. Wasser korrigiert	i. d. Watte korrigiert	Sa. korrigiert	pro cbm korrigiert
Apparat im Umschalteraum						
I. Periode	3 Stunden	1310	1,2	0,73	1,93	1,5
II. Periode	1 Stunde	592	1,2	0,76	1,96	3,3
I. u. II. Periode	4 Stunden	1902	2,4	1,49	3,89	2,0
Apparat im Laderaum						
I. Periode	1 Stunde	600	2,45	1,0	3,45	5,7
II. Periode	1 Stunde	786	4,15	1,0	5,15	6,5
III. Periode	1 Stunde	754	6,20	0,53	6,73	8,8
I. + II. + III. Periode	3 Stunden	2140	12,80	2,53	15,33	7,1

III. Versuch.

Im Laderaum wurde ein Saugapparat in einer Höhe von 2,7 m unmittelbar vor dem offenen Fenster aufgestellt. Die trichterförmige Einsaugstelle war gegen den Raum gerichtet. Nach einer Stunde wurden Wasser und Watterohr gewechselt. In der I. Periode des Versuchs (10^{30} - 11^{30}) wurden 300 l Luft angesaugt mit 1,1 mg SO_3 oder 3,67 mg SO_3 pro cbm; in der II. Periode (11^{45}—12^{45}) 335 l Luft mit 2.56 mg SO_3 oder 7,64 mg pro cbm. Ausserdem wurden 7 Glasplatten im Laderaum auf zwei Stunden (10^{40}—12^{10}) aufgelegt.

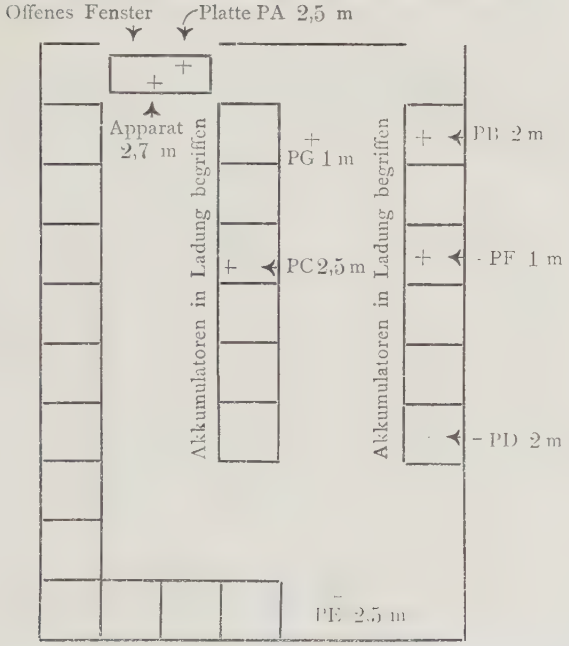
Im Umschalteraum wurde der Saugapparat am offenen Fenster direkt über dem offenen Fenster des Laderaums aufgestellt in einer Höhe von 80 cm, der Trichter schaute gegen das offene Fenster. Es wurden in zwei Stunden (10^{10}—12^{10}) 600 l Luft angesaugt mit 0,20 mg SO_3 oder 0,33 mg pro cbm. Daneben wurden 13 Glasplatten auf zwei Stunden (10^{40}—12^{10}) aufgelegt, darunter eine auf dem äusseren unteren Fensterrand.

Die Verteilung der einzelnen Platten im Lade- und Umschalteraum geht aus untenstehendem Schema hervor. Daselbst ist auch die Entfernung der einzelnen Platten vom Boden eingetragen.

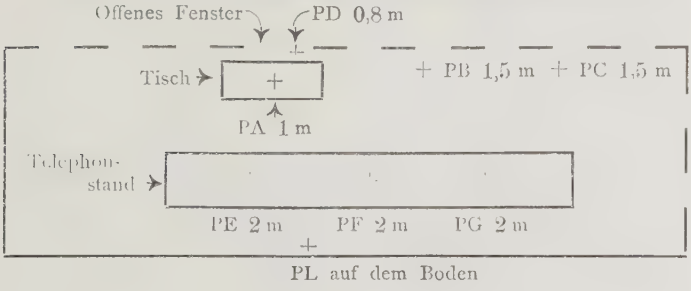
Auf den einzelnen Platten wurden gefunden an SO_3: im Laderaum auf PA 17,92 mg, auf PB 24,0 mg, auf PC 60,2 mg, auf PD 4,31 mg, auf PE 2,55 mg, auf PF 17,65 mg, auf PG 8,06 mg; im Umschalteraum auf PA 0,578 mg, auf PB 0,17 mg, auf PC 0,136 mg, auf PD 1,02 mg, auf PE 0,272 mg, auf PF 0,238 mg, auf PG 0,034 mg, auf PL 0,306 mg.

Zur Korrektion der Werte wurden bei den Analysen des Watterohres 0,24 mg, bei den anderen 6,1 mg abgezogen.

Schema zu Versuch III.
Plattenverteilung im Laderaum.



Schema zu Versuch III:
Plattenverteilung im Umschalteraum.



Bei diesem Versuch wurde von etwa fünf Personen bei längerem Stehen am offenen Fenster Kratzen im Halse wahrgenommen.

Tabelle zu Versuch III.

	Versuchs-dauer	Liter Luft	mg SO_3 in der vorder. Wasch-flasche	in der Watte	in der hinter. Wasch-flasche	Sa.	pro 1 cbm
Apparat im Umschalte-raum	2 Stunden	600	0,1	0,1	0,0	0,2	0,33
Apparat im Laderaume							
I. Periode	1 Stunde	300	0,58	0,45	0,07	1,1	3,67
II. Periode	1 Stunde	335	1,94	0,55	0,07	2,56	7,64
I. u. II. Periode	2 Stunden	635	2,52	1,00	0,14	3,66	5,76

IV. Versuch.

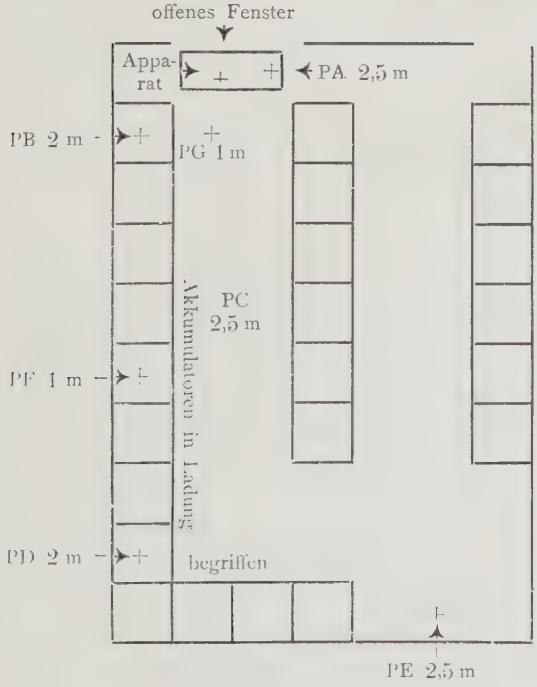
Der Saugapparat wurde im Laderaume, wie im vorigen Versuch, aufgestellt. Es wurden in zwei Stunden (10^{15} bis 12^{15}) ununterbrochen 665 l Luft mit 3,11 mg SO_3 oder 4,68 mg pro cbm durchgesaugt.

Im Umschalteraum wurden durch den Saugapparat, der ebenfalls wie im vorigen Versuch aufgestellt war, in 2 Stunden (10^{15}—12^{15}) 680 l Luft mit 0,89 mg SO_3 oder 1,32 mg pro cbm angesaugt.

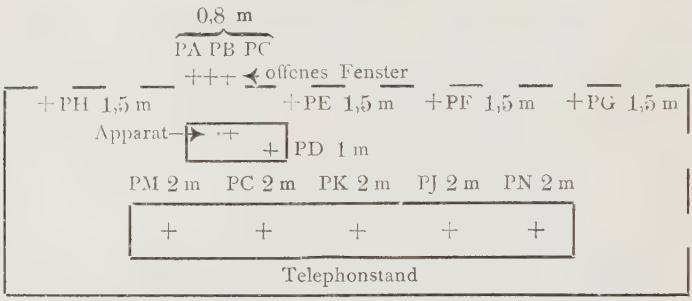
Im Laderaum wurden 7 Glasplatten, im Umschalteraum 13 Glasplatten für 2 Stunden (10^{15}—12^{15}) aufgelegt; die Verteilung geht aus den untenstehenden Schemata hervor.

Auf den einzelnen Platten wurden gefunden an SO_3: im Laderaum auf PA 6,9 mg, auf PB 7,5 mg, auf PC 8,5 mg, auf PD 17,2 mg, auf PE 8,5 mg, auf PF 17,7 mg, auf PG 4,4 mg; im Umschalteraum auf PA 0,44 mg, auf PB 0,69 mg, auf PC 0,51 mg, auf PD 0,34 mg, auf PE 0,20 mg, auf PF 0,20 mg, auf PG 0,41 mg, auf PH 0,03 mg, auf PI 0,24 mg, auf PK 0,58 mg, auf PL 0,30 mg, auf PM 0,20 mg, auf PN 0,17 mg.

Schema zu Versuch IV: Plattenverteilung im Umschalteraum.



Schema zu Versuch IV: Plattenverteilung im Umschalteraum.



Zur Korrektion der Werte wurden bei den Analysen der Watterohre 0,24 mg bei den andern 0,10 mg abgezogen.

Bei diesem Versuch wurde von 7 Personen beim Stehen am offenen Fenster im Umschalteraum zeitweise Kratzen im Halse bemerkt.

Tabelle zu Versuch IV.

	Versuchsdauer	Liter Luft	mg SO_3 in der vorder. Waschflasche	in der Watte	in der hinter. Waschflasche	Sa.	pro 1 cbm
Apparat im Umschalteraum	2 Std.	680	0,10	0,79	0,0	0,89	1,32
Apparat im Laderaum	2 Std.	665	1,98	1,13	0,0	3,11	4,68

V. Versuch.

Der Saugapparat wurde im Laderaum in einer Höhe von 2,3 m vor dem offenen Fenster mit gegen den Raum gerichteten Trichter aufgestellt, der Saugapparat im Umschalteraum wie im vorigen Versuch. Im Laderaum werden 580 l Luft in $2^3/_4$ Stunden (10^{15}—1 h) mit 4,82 mg SO_3 oder 8,3 mg pro cbm angesaugt. Im Umschalteraum wurden in $2^3/_4$ Stunden (10^{15} – 1 h) 500 l Luft mit 1,39 mg SO_3 oder 2,78 mg pro cbm angesaugt.

Im Laderaum lagen von 9^{30}—11 h 8 Glasplatten auf, darunter eine auf einem Holzrahmen im Fenster aufgehängt; sie wurden bezeichnet mit PA, PB, PC usw. Um 11 h wurden sie entfernt und dafür frische Platten aufgelegt, bezeichnet mit PA_1, PB_1, PC_1 usw., die von 11 h—1 h liegen blieben. Im Umschalteraum wurden 8 Platten 3 Stunden lang (9^{40}—12^{40}) aufgelegt.

Bezüglich der Verteilung der Platten vergleiche untenstehende Schemata.

Ausserdem wurden an der Aussenwand des Gebäudes gegen den Hof zu 5 Platten (Pa_1, Pa_2, Pa_3 usw.) nebeneinander 3 Stunden lang (9^{10}—12^{10}) horizontal aufgehängt und zwar so, dass die Platte Pa_1 150 cm, Pa_2 120 cm, Pa_3 90 cm, Pa_4 60 cm, Pa_5 30 cm unterhalb des unteren Randes des offenen Fensters im Umschalteraum, Pa_1 30 cm über dem oberen Rand des offenen Fensters im Laderaum sich befand.

Auf den einzelnen Platten wurden gefunden an SO_3: im Laderaum auf PA 7,0 mg, auf PA_1 29,7 mg (Sa. 36,7 mg), auf PB 8,8 mg, auf PB_1 27,6 mg (Sa. 36,4 mg), auf PC 3,9 mg, auf PC_1 30,7 mg (Sa. 34,6 mg), auf PD 3,3 mg, auf PD_1 18,7 mg (Sa. 22,0 mg), auf PE 2,2 mg, auf PE_1 10,1 mg (Sa. 12,3 mg), auf PF 1,7 mg, auf PF_1 5,22 mg

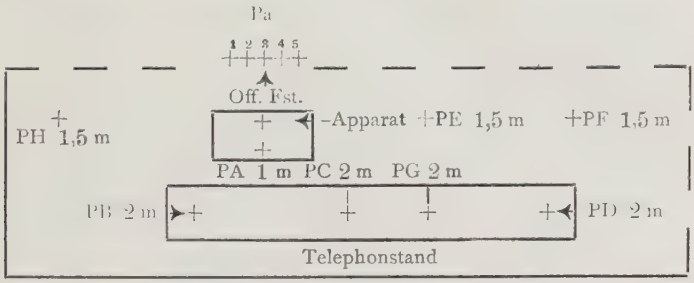
(Sa. 6,92 mg), auf PG 2,6 mg, auf PG_1 23,6 mg (Sa 26,2 mg), auf PH 1,2 mg), auf PH_1 7,9 mg (Sa. 9,1 mg);

im Umschalteraum auf PA 0,5 mg, auf PB 0,27 mg, auf PC 0,41 mg, auf PD 0,17 mg, auf PE 0,38 mg, auf PF 0,58 mg, auf PG 0,07 mg, auf PH 0,68 mg, auf Pa_1 1,9 mg, auf Pa_2 1,37 mg, auf Pa_3 1,03 mg, auf Pa_4 0,69 mg, auf Pa_5 0,3 mg.

Die Analysen aus dem Umschalteraum, sowie die von den Platten Pa_1—Pa_5 wurden auf Spiritus verfertigt.

Schema zu Versuch V: Plattenverteilung im Laderaum.

Schema zu Versuch V:
Plattenverteilung im Umschalteraum.



Zur Korrektion der gefundenen Werte mussten bei den Analysen der Watterohre 0,31 mg, bei den anderen 0,17 mg abgezogen werden.

Von einer Belästigung während des Versuchs war im Umschalteraum kaum etwas zu bemerken.

Tabelle zu Versuch V.

	Versuchs-dauer	Liter Luft	mg SO_3				
			in der vorder. Wasch-flasche	in der Watte	in der hinter. Wasch-flasche	Sa.	pro 1 cbm
Apparat im Umschalte-raum	$2^3/_4$ Std.	500	0,85	0,37	0,17	1,39	2,78
Apparat im Laderaum	$2^3/_4$ Std.	580	2,90	1,34	0,58	4,82	8,30

VI. Versuch.

Die Aufstellung des Saugapparates im Laderaume war dieselbe wie im vorigen Versuch. Es wurden in $3^3/_4$ Stunden (10^{20}—2 h) 860 l Luft mit 2,68 mg SO_3 oder 3,12 mg pro cbm angesaugt.

Im Umschalteraum wurde der Apparat ebenfalls wie im vorigen Versuch aufgestellt, nur in einer Höhe von 1,2 m. Es wurden in $3^3/_4$ Stunden (10^{20}—2 h) 1213 l Luft mit 0,5 mg SO_3 oder 0,41 mg pro cbm angesaugt.

Die Verteilung der Platten im Laderaum war analog der im vorigen Versuch. Die erste Plattenserie lag von 9 h – 12 h, die zweite Serie von 12 h—2 h auf. Da in der ersten Stunde (9 h—10 h) wenig Wasserstoff entwich und infolgedessen auch wenig Schwefelsäure in die Luft gelangte, kann dieselbe unberücksichtigt bleiben, was bei der späteren Umrechnung der Werte auf eine Stunde von Wichtigkeit ist.

Im Umschalteraum wurden 9 Platten aufgelegt, darunter eine auf einem horizontalen Rahmen im offenen Fenster hängend in einer Höhe von 1,5 m. Die Exponierzeit der Platten betrug 4 Stunden (10 h – 2 h).

Bezüglich der Verteilung der Platten im Umschalte- und Laderaum vergleiche die untenstehenden Schemata.

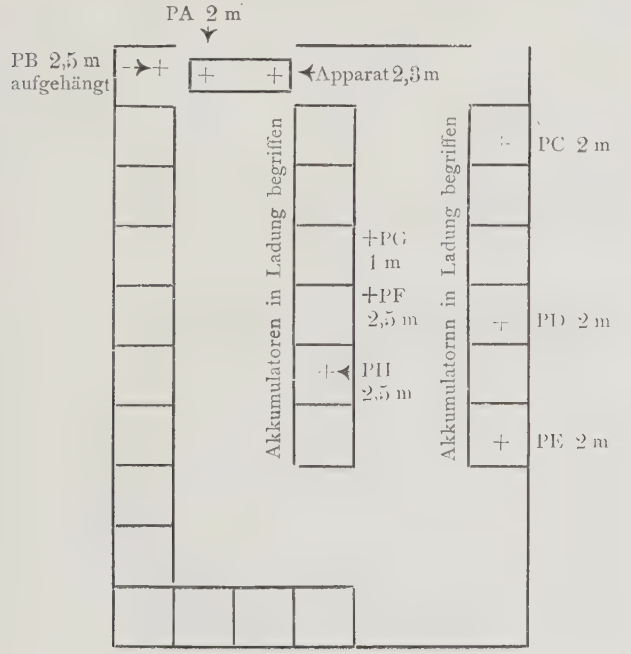
An der Aussenwand wurden 3 Platten nebeneinander aufgehängt: Pa_1 1,5 m, Pa_2 1,2 m, Pa_3 0,9 m von dem unteren Fensterrand des offenen Fensters des Umschalteraumes entfernt und zwar auf 4 Stunden (10 h – 2 h).

Auf den einzelnen Platten wurden gefunden an SO_3: im Laderaum auf PA 3,2 mg, auf PA_1 13,4 mg (Sa. 16,6 mg), auf PB 2,2 mg, auf PB_1 15,7 mg (Sa 17,2 mg) auf PC 6,4 mg, auf PC_1 19,2 mg (Sa. 25,6 mg), auf PD 4,7 mg, auf PD_1 7,7 mg (Sa. 12,4 mg), auf PE 2,0 mg,

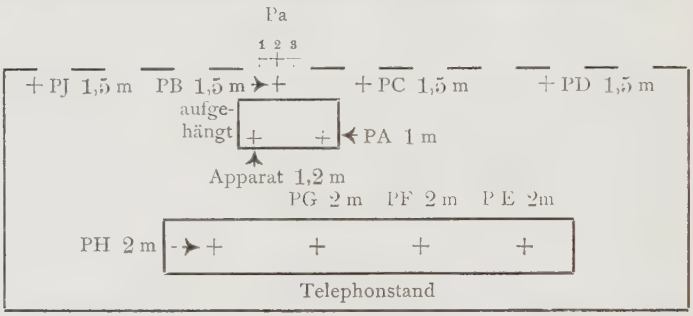
auf PE_1 5,2 mg (Sa. 7,2 mg), auf PF 1,6 mg, auf PF_1 4,85 mg (Sa. 6,45 mg), auf PG 5,95 mg, auf PG_1 21,0 mg (Sa. 26,9 mg), auf PH 1,1 mg, auf PH_1 2,3 mg (Sa. 3,4 mg);

im Umschalteraum auf PA 0,35 mg, auf PB 0,15 mg, auf PC 0,07 mg, auf PD 0,07 mg, auf PE 0,21 mg, auf PF 0,04 mg, auf PG 0,285 mg, auf PH 0,07 mg, auf PJ 0,21 mg; auf Pa_1 0,45 mg, auf Pa_2 0,40 mg, auf Pa_3 0,25 mg.

Schema zu Versuch VI: Plattenverteilung im Laderaum.



Schema zu Versuch VI und VII: Plattenverteilung im Umschalteraum.



Die Analysen aus dem Umschalteraum und von den Platten an der Aussenwand wurden auf Spiritus verfertigt.

Zur Korrektion der Werte mussten bei den Analysen der Watterohre 0,17 mg abgezogen werden, bei den übrigen war nur der Aschenrückstand der Filter zu beachten.

Während des Versuchs hatte ich zwischen 12 h und 1 h bei längerem Stehen am Fenster einige Male einen leichten Hustenreiz.

Tabelle zu Versuch VI.

	Versuchs-dauer	Liter Luft	mg SO_3				
			in der vorder. Wasch-flasche	in der Watte	in der hinter. Wasch-flasche	Sa.	pro cbm
Apparat im Umschalte-raum	3 3/4 Std.	1213	0,25	0,0	0,25	0,50	0,41
Apparat im Laderaum	3 3/4 Std.	860	2,50	0,07	0,11	2,68	3,12

Leider wurde in diesem Versuche das Befeuchten des im Umschalteraume verwendeten Wattefilters vor der Durchleitung der Luftprobe vergessen. Dem entspricht auch die Tatsache, dass in der hinteren Waschflasche ein ziemlich nennenswerter SO_3-Gehalt gefunden wurde, während im Watterohr keine sicheren Mengen SO_3 nachgewiesen werden konnten. Es wurde deshalb von uns vielleicht ein etwas zu niedriger Wert gefunden.

VII. Versuch.

Im Laderaum wurde Glasplatte PA am offenen Fenster 2,5 m hoch aufgehängt, Glasplatte PB über den in Ladung begriffenen Akkumulatoren 1,3 m hoch, an einer Stelle, wo sonst höhere Werte gefunden wurden, Platte PC direkt über der letzteren Platte 2,5 m hoch. Die Platten blieben 5 Stunden exponiert (9^{15}—2^{15}). Die 1. Stunde kann unberücksichtigt bleiben (vgl. vorigen Versuch).

Die Verteilung der Glasplatten im Umschalteraum war dieselbe wie im vorigen Versuch, nur fehlt Platte PC. Ebenso war der Saugapparat wie im vorigen Versuch aufgestellt. Es wurden in 4 Stunden (10 h—2 h) 1110 l Luft mit 0,37 mg SO_3 oder 0,33 mg pro cbm angesaugt. Die Glasplatten des Umschalteraumes wurden 5 Stunden (9 h—2 h) exponiert. Die 1. Stunde (9 h—10 h) kann auch hier unberücksichtigt bleiben (vgl. vorigen Versuch). Die Verteilung der Glasplatten an der Aussenwand war dieselbe wie im Versuch V. Sie wurden 4 Stunden exponiert.

Auf den einzelnen Platten wurden gefunden an SO_3:

im Laderaum auf PA 4,6 mg, auf PB 11,7 mg, auf PC 3,1 mg;

im Umschalteraum auf PA 0,11 mg, auf PB 0,15 mg, auf PD 0,15 mg, auf PE 0,08 mg, auf PF 0,18 mg, auf PG 0,08 mg, auf PH 0,11 mg, auf PJ 0,11 mg;

an der Aussenwand auf Pa_1 0,43 mg, auf Pa_2 0,64 mg, auf Pa_3 0,54 mg, auf Pa_4 0,41 mg, auf Pa_5 0,2 mg.

Die Analysen aus dem Umschalteraum und von den Platten der Aussenwand wurden über Spiritus verfertigt.

Zur Korrektion der Werte mussten bei der Analyse des Watterohres 0,14 mg abgezogen werden, bei den übrigen Analysen war nur der Aschenrückstand des Filters zu berücksichtigen.

Tabelle zu Versuch VII.

	Versuchs-dauer	Liter Luft	mg SO_3				
			in der vorder. Wasch-flasche	in der Watte	in der hinter. Wasch-flasche	Sa.	pro 1 cbm
Apparat im Umschalte-raum	4 Std.	1110	0,10	0,14	0,13	0,37	0,33

Von einer Belästigung im Umschalteraum war während der Versuchszeit nichts zu bemerken.

Tabellarische Zusammenstellung aller Resultate:

mg SO_3 pro cbm Luft:	im Laderaum i d. Mitte	im Laderaum am Fenster	Luft angesaugt in	im Umschalteraum am Fenster	Luft angesaugt in
I. Versuch unberücksichtigt	—	—	—	—	—
II. Versuch	7,1	—	3 Std.	2 0	3 Std.
III. Versuch	—	5,76	2 Std.	0,33	2 Std.
IV. Versuch	—	4,68	2 Std.	1,32	2 Std.
V. Versuch	—	8,30	2 3/4 Std.	2,78	2 3/4 Std.
VI. Versuch	—	3,12	3 3/4 Std.	0,41	3 3/4 Std.
VII. Versuch	—	—	—	0,33	4 Std.

mg SO_3 auf Glasplatten (25 cm × 25 cm):

	im Laderaum	Exponierzeit Std.	pro qm u. Stunde	im Umschalteraum	Exponierzeit Std.	pro qm u. Stunde
II. Vers.	14,71—44,12	3	78.5—235,3	0,3 —0,75	3	1,6 —4,0
III. Vers.	2,55—24,0	2	20,4—192	0.034—1,02	2	0,27—8,16
IV. Vers.	4,4 —17,7	2	35,2—141,6	0,03 —0,69	2	0,24—5,5
V. Vers.	6.92—36.7	3 1/2	31,6—167,8	0.07 —0,68	3 1/2	0,32—3,1
VI. Vers.	3,4 —26,9	4	13,6—107,1	0,07 —0,35	4	0,28—1,4
VII. Vers.	3,1 —11,7	4	12,4— 46,8	0,08 —0,18	4	0,32—0,72

mg SO_3 auf den Glasplatten an der Aussenseite des Gebäudes; in Klammern pro qm und Stunde:

	Exponierzeit	150 cm*	120 cm*	90 cm*	60 cm*	30 cm*
V. Vers.	3 Std.	1,9 (10,13)	1,37 (7,3	1,03(5,49	0,69,3,68,	0,30,1,6)
VI. Vers.	4 Std.	0,45 (1,8)	0,4 (1,6)	0,25 (1,0	—	—
VII. Vers.	4 Std.	0,43(1,72)	0,64 2,56	0,54,2,16,	0,41(1,64)	0,2 (0 8)

* Die Zentimeter geben die Entfernung der Platten von der unteren Einfassung des offenen Fensters im Umschalteraume an.

Schlussfolgerungen.

Der Gehalt an SO_3 im Laderaume wurde in unseren Versuchen wesentlich niedriger gefunden wie in den Versuchen von Kirstein. Es ist dies wohl so zu erklären, dass Kirstein bei seinen Versuchen bei Ueberladung der Zellen oder wenigstens bei starker Gasentwicklung Luftproben entnahm, ferner in Räumen Untersuchungen anstellte, in welchen eine im Verhältnis zum Kubikinhalt des Raumes grössere Anzahl von Zellen geladen wurde. Zudem entnahmen wir die Luftproben am offenen Fenster, wo, wie aus den Plattenversuchen hervorgeht, der SO_3-Gehalt oft ein erheblich geringerer war wie in der unmittelbaren Nähe der Akkumulatorenzellen.

Ueber die SO_3-Verteilung lässt sich ausserdem noch sagen, dass im Laderaum der SO_3-Gehalt gegen die Decke des Raumes zu abnimmt. Besonders deutlich ist auch die allmähliche Abnahme an der Aussenseite des Hauses nach oben zu. Nur einmal im VI. Versuche wurde auf Platte Pa_1, also direkt über dem offenen Fenster des Laderaumes, ein auffallend niedriger Wert gefunden.

Ferner geht aus unseren Versuchen hervor, dass tatsächlich im Umschalteraume SO_3 nachzuweisen ist. Dafür spricht ganz besonders auch der Umstand, dass bei den meisten Analysen aus dem Umschalteraum nach Versetzen mit Chlorbaryum und nach dem Absitzenlassen ein feiner bis feinster weisser Niederschlag zu erkennen war. Für die Annahme, dass die Schwefelsäure des Umschalteraumes aus dem Akkumulatorenraume stammt, lässt sich die Tatsache verwerten, dass der im Umschalteraume gefundene SO_3-Gehalt im allgemeinen parallel geht mit dem im Laderaume gefundenen, so dass an Tagen, wo im

Laderaume hohe Werte ermittelt wurden, auch im Umschalteraume die höheren Werte ermittelt wurden. Es stören nur die Resultate im III. Versuch, die exzessiv hohen Werte für die Platten des Umschalteraumes und der auffallend niedrige Wert für die Luftprobe des Umschalteraumes, während für die Platten und die Luftprobe des Laderaums mittlere Werte ermittelt wurden. Dass im IV. Versuch die Werte fur den Umschalteraum ziemlich hoch sind, hängt wohl damit zusammen, dass an diesem Tage ausnahmsweise ein ziemlich starker Westwind herrschte, der das Hineindringen der Schwefelsäure in den Umschalteraum begünstigt haben kann. Der überraschende Befund im VI. Versuch, wo im Umschalteraum auf manchen Platten mehr SO_3 gefunden wurde wie 90 cm unterhalb des offenen Fensters des Umschalteraumes, führe ich darauf zurück, dass an diesem Tage ein mässiger Nordostwind herrschte, also ein Wind, der die Schwefelsäure fast direkt gegen das offene Fenster trieb.

Die Werte für den SO_3-Gehalt der Luft des Umschalteraumes sind recht geringe. Dem entspricht auch die Tatsache, dass überhaupt während der Versuche im Umschalteraume eine Belästigung nicht immer und jedenfalls meist nur in sehr geringem Grade bemerkbar war. Es ist nicht undenkbar, dass früher durch irgend welche Unordnung beim Laden der Akkumulatoren (zu starkes Laden usw.) grössere Schwefelsäuremengen in die Umgebung des Laderaumes gelangten. Wenigstens erklärte mir einmal der die Aufsicht führende Beamte des Umschalteraumes, dass, seitdem die Versuche zur Untersuchung der Luft angestellt würden, die Luft im Umschalteraume während der Ladung der Akkumulatoren bedeutend besser geworden sei.

Hygienische Beurteilung der schwefelsäurehaltigen Luft.

Nach unseren Erfahrungen ist der SO_3-Gehalt der Luft bei kurzem Aufenthalt in derselben etwa folgendermassen zu beurteilen:

unter 0,5 mg pro cbm kaum merkliche Belästigung,
bei 0,5—2 mg pro cbm geringe Belästigung,
bei 3—4 mg pro cbm deutliche Belästigung,
bei 6—8 mg pro cbm starke Belästigung.

Ich habe bei meinen Versuchen einige Male Nasenbluten bekommen an Tagen, wo im Laderaume am Fenster Werte von 3,12 mg bis 8,3 mg gefunden wurden, obwohl ich sonst höchst selten daran leide. Allerdings muss ich hinzufügen, dass ich das eine Mal schon vorher einen Schnupfen hatte, der schon an und für sich zu Nasenbluten disponiert.

Auch Dr. Wagener erwähnt in seiner schon angeführten Arbeit, dass in einer Fabrik der Werkmeister ihn darauf aufmerksam gemacht habe, dass zwei Arbeiter häufig an Nasenbluten litten, doch sei dies wohl durch andere Momente bedingt, an anderen Orten liege nichts Ähnliches vor.

Dr. Kirstein beobachtete in Formierräumen an sich einen mehr oder weniger heftigen Schnupfen, der rasch wieder verging. Es dürfte sich hier um einen Gehalt von 60—100 mg SO_3 gehandelt haben.

Ueber die Wirkung der chronischen Einatmung konnten wir an den Telephonpersonen absolut nichts feststellen; die Klagen waren allmählich verstummt. Die

Nasenpolypen, die bei drei Personen von zirka 42 Angestellten beobachtet wurden, sind wohl sicher zufällige Erkrankungen.

Auch in der Literatur existieren nur wenige Angaben. So berichtet Regierungsrat Dr. med. Wutzdorff in seiner schon zitierten Arbeit: „Die in elektrischen Akkumulatorenfabriken beobachteten Gesundheitsschädigungen und die zur Verhütung derselben erforderlichen Massnahmen" (nach einem Gutachten desselben Verfassers vom 21. Dezember 1896 an die Reichsregierung wiedergegeben und veröffentlicht in den Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt, Bd. 15, 1899) über das Ergebnis einer Umfrage, welche auf Veranlassung des Reichskanzlers am 21 November 1895 bei den Bundesregierungen über die Art und den Umfang der Akkumulatorenfabrikation und über die dabei den Arbeitern drohenden Gesundheitsschädigungen erhoben wurde. Es soll nach den eingelaufenen Berichten der Gesundheitszustand der Arbeiter durch das Einatmen der Schwefelsäure nicht leiden; nur in einigen Betrieben soll ein Schadhaftwerden der Schneidezähne beobachtet worden sein. Der Arzt der Fabrik zu Hagen i. W. sei sogar davon überzeugt, dass Katarrhe des Rachens, des Kehlkopfes und der Luftröhre, sowie Lungenkrankheiten unter der dauernden Einwirkung schwefelsäurehaltiger Luft allmählig zur Heilung gelangen. Derselben Meinung sei der langjährige Leiter der Fabrik zu Gelnhausen.

Dr. Kirstein berichtet in der oben zitierten Arbeit, dass er in einem dichterfüllten Formierraume ein Schmerzhaftwerden der Schneidezähne bemerkt habe. Dieselbe Erfahrung habe ein im Formierraume beschäftigter Arbeiter gemacht, welcher sich deswegen schon an einen Zahnarzt gewendet habe.

Dagegen veröffentlicht Dr. Wagener in der schon mehrfach erwähnten Arbeit über das Ergebnis von Nachforschungen, dass bei den Arbeitern in Formierräumen kein häufigeres Schadhaftwerden der Schneidezähne beobachtet werde. Ebensowenig sei ein häufigeres Auftreten von Lungenerkrankungen oder von Magen- und Darmstörungen beobachtet, welch letztere darauf zurückzuführen wären, dass die in Mund- und Nasenhöhle sich niederschlagende Schwefelsäure verschluckt werde.

Zum Schlusse obliegt mir, meinem hochverehrten Lehrer Herrn Professor K. B. Lehmann für die gütige Ueberlassung des Themas und der ersten Versuche zu demselben, sowie für die mannigfachen Winke bei der Bearbeitung desselben den verbindlichsten Dank auszusprechen. Ebenso fühle ich mich auch Herrn Assistenten Dr. Lang gegenüber, der die ersten Versuche ausführte und mir auch bei meinen Versuchen behilflich war, zu grossem Danke verpflichtet.

Lebenslauf.

Ich Remigius Dorsch, bayer. Staatsangehörigkeit, bin geboren am 1. Oktober 1885 zu Grafenrheinfeld in Bayern als Sohn des Volksschullehrers Joh. Dorsch in Würzburg und wohne zurzeit in Würzburg.

Nach Besuch der Volksschule zu Grafenrheinfeld und des neuen Gymnasiums zu Würzburg erwarb ich mir im Juli 1904 das Reifezeugnis am neuen Gymnasium in Würzburg.

Hierauf besuchte ich die Universität Würzburg 14 Semester.

Die ärztliche Prüfung habe ich an der Universität Würzburg im Herbst 1911 abgelegt. Vom 1. Januar 1912 bis 1. Januar 1913 war ich als Medizinalpraktikant an der chirurgischen Poliklinik zu Würzburg, an der medizinischen Universitätsklinik zu Würzburg, am hygienischen Institut zu Würzburg und am pathologischen Institut zu Würzburg beschäftigt.

Vorstehende Dissertation habe ich unter Leitung des Herrn Professors Dr. K. B. Lehmann verfasst.

Würzburg, den 13. Januar 1913.

Dorsch Remigius.